

Ivóvíz hőjének hasznosítása

Fodor Zoltán

okl. mg. gépészmérnök, épületgépészmérnök, fodor.zoltan@geowatt.hu

Komlós Ferenc

okl. gépészmérnök, komlosf@pr.hu

dr. Balikó Sándor CEM

okl. gépészmérnök, baliko@t-online.hu

Vízenergiából „hő, nemcsak villany termelhető”! E cikkben bemutatjuk műszaki és gazdasági adatokkal egy hőszivattyús rendszer kapcsolási rajzát a vízvezetékre való kötéstől a hőhasznosításig.

*

Heat can be produced from hydro-energy as well not only electricity! Circuit diagram beginning with the connection to the water supply up to heat utilization of a heat pump system has been described in this paper along with technical and economical data.

A vizet Magyarországon 1896 óta használjuk áramfejlesztésre (a vízerőmű Ikervár mellett a Rábán épült, és ma is termel áramot). A világ mintegy 20%-a származik vízenergiából. „A világon a megújuló forrásokból előállított villamos energiának 2007-ben kb. a 87%-át vízerőmű termelte (850 GW-ot).”¹

A szokásos vízenergiatermelés célja, hogy a víz helyzeti és mozgási energiáját hasznosítsa. Ezzel kapcsolatosan már régóta statisztikai adatok is a rendelkezésünkre állnak. Sajnálatos, hogy a tudományos szakirodalomban nincs kiemelve, hogy vízenergiából hőenergia is nyerhető! Ezért is hangsúlyozzuk a hőszivattyúk hőforrásairól szóló statisztika bevezetésének nélkülözhetetlen szerepét.² Szerte a világban, véleményünk szerint, a vonatkozó hőszivattyú statisztika hiányában kevésbé ismert ez a csúcstechnológia (korszerű, hatékony hőtermelés). Különböző oktatási szinteken csak kevés óraszámban tanítják, ebből csak néhány ország kivétel. Szakmai körökben van még mit hozzátenni ehhez az innovatív technológiához részünkről is, mert többféle olyan szellemi tőkét igényel, amivel rendelkezünk!

Ismereteink szerint már az 1980-as években a Magyar Hidrológiai Társaság³ összejövetelein felmerült, hogy kezdeni kellene energetikai szempontból valamit a dél-alföldi közüzemi vízművek pl. Szeged, Hódmezővásárhely, Szentes, Csongrád, Makó nagymélységű ivóvízkútjaival felszínre hozott ártézi víz hőjével.

A vezetékes víz hőmérséklete a fagyvesztély elkerülése miatt hazánkban legalább 5-7 °C kell legyen, vízműveink termelő kutjai (1. ábra) viszont sokkalta magasabb hőmérsékletszínen működnek.

A megoldás ebben a témában már nem technikai jellegű, hanem új etikát, szemléletet, megközelítéseket követel. Így adódik a lehetőség a hőenergia kinyerésére mielőtt funkcióját ellátná. Ivóvízellátásunknál napjainkban az import hőszivattyúk alkalmazásán kívül az energiahatékonyságnövelés magyar eszközei is megjelentek. Erre mutatnánk egy ún. „zászlóshajót” írásunkban, amelyet



1. ábra. Ivóvíz termelő kutak (Forrás: Fővárosi Vízművek Zrt.)⁴

Zalaegerszegen, a Zalavíz Zrt.-nél, a cég Balatoni u. telephelyén (hrsz: 2735/5) létesítettek. Esettanulmányunk a földgázkiváltás a Vastalanító épület melegvízüzemű fűtéséhez és használati melegvíz-ellátásához kapcsolódik.

Hőtechnikai jellemzők

A Pannon Fejlesztési Alapítvány által készített létesítményt elemző dokumentáció tartamát megismerve indult el a projekt tervezési elkészítése. Az elképzelés szerint a Zalavíz Zrt. szolgáltatási telephelyén a napi ivóvíz szolgáltatás kielégítésére átszivattyúzott vizet hőforrásként hasznosítva hőszivattyú segítségével kívánták ellátni az épületek fűtési és esetleges használati melegvíz igényét. A szolgáltatott adatok szerint naponta átlagosan 14 000 m³ víz folyik át a rendszeren. Ez a vítváram többszöröse annak, mint amit a beépített két hőszivattyú igényel.

Az átfolyó víz hőmérséklete:

– szűrt víznél: 12,3 °C,

– hálózati víznél: 12,2 °C.

A víz hőmérséklet 10–14 °C között ingadozik.

Ebből a vízáramból a hőszivattyúk egyenként 102 liter/perc mennyiséget vesznek ki, aminek a hőmérsékletét 4,2...4,8 °C-kal csökkentik, miközben átlagosan 40 kW hőteljesítményt adnak le.

A hőszivattyú változó nyomásviszonnyal követi a külső hőmérsékletet, ezzel változó előremenő hőmérsékletet valósít meg a fűtési rendszerben. Ennek megfelelően a változó előremenő hőmérséklethez változó kompresszorteljesítmény, illetve villamos teljesítményfelvétel tartozik.

A megvalósult rendszer

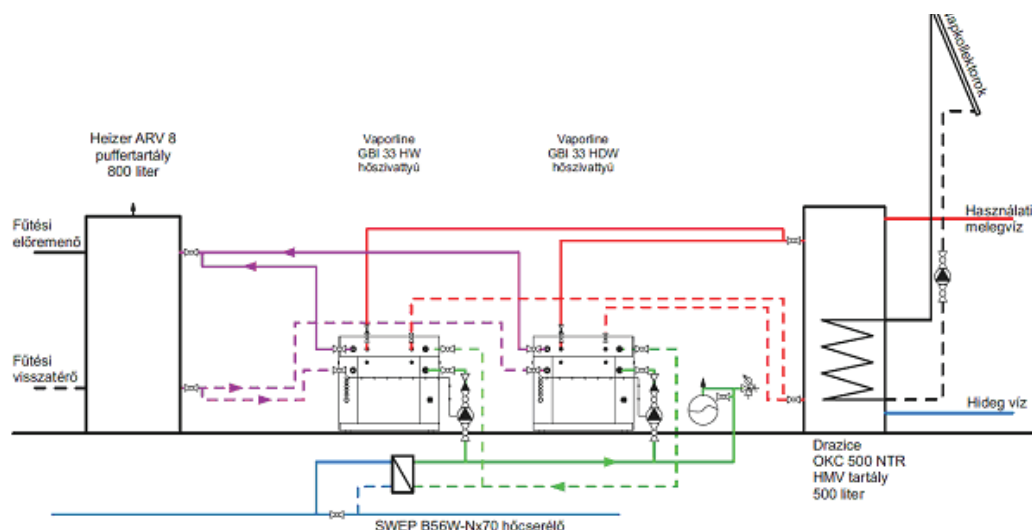
A hőszivattyús rendszer hőközpontjának sémáját a 2. ábra szemlélteti.

¹ Lovas Rezső (szerk.): Köztisztviselési Stratégiai Programok 1. Áttekintés Magyarország energiastatistikájáról (65. oldal). MTA Budapest, 2012.

² Komlós Ferenc: Vízenergia hőhasznosítása – statisztika a hőszivattyúzásért. Elektrotechnika 106. évfolyam, 2013/6, 21. oldal.

³ A Magyar Hidrológiai Társaság (www.hidrologia.hu) 2013. július 3-5 között Gödöllőn a Szent István Egyetemen rendezte meg a XXXI. Országos Vándorgyűlést, a teljes dolgozatot a rendezvény CD-ROM-ján (ISBN 978-963-8172-31-0) tartalmazza. Jelen cikk az említett dolgozat szerzők által aktualizált és tömörített változata.

⁴ Néhaj Hajdu György vezérigazgató hazánkban talán elsőként az 1980-as években létesített a Fővárosi Vízműveknél hőszivattyús ivóvíz hőhasznosítást.



2. ábra. Gépészeti elvi kapcsolási rajz (Forrás: Geowatt Kft.)

A Vastalanító épületben a régi kazánház teljes mértékben átépítésre került. A gázkazánnal fűtött épület hőközpontjában betervezésre került 1 db GBI33- HW típusjelű víz/víz hőszivattyú, valamint 1 db GBI33- HDW típusjelű víz/víz hőszivattyú (3. ábra).



3. ábra. A Vastalanító épület hőközpontja a magyar fejlesztésű és gyártású növelt hőmérsékletű hőszivattyúkkal

A hőszivattyúk ún. EVI (Enhanced Vapor Inject) körfolyamattal, külső hőmérsékletfüggő szabályozással, monitoring rendszerrel, távvezérlési lehetőséggel, digitális kijelzéssel, desuperheaterrel⁵, HMV és fűtési keringető szivattyúval, külső hőmérsékletérzékelőkkel, elektronikus expanziós szeleppel, hűtőközeg tartállyal szereltek.

Az EVI körfolyamat azt jelenti, hogy a kondenzátor után egy részáramot részben leexpandálva egy utóhűtőbe vezetjük, amivel a folyadék fő ágát utóhűtjük. Az elvett és elpárologtatott folyadékot ez után a kompresszorba vezetjük, ezzel csökkentve a kompresszió következtében kialakuló hőmérsékletemelkedést.

A *desuperheater* pedig egy a kompresszor és a kondenzátor közé iktatott előhűtő, ami a komprimált gőz túlhevítési hőjét adja át a HMV-nek. Ezzel elérhető a HMV magas hőmérséklete anélkül, hogy a kondenzátor hőmérsékletét (nyomását) növelni kellene.

Fűtési teljesítmények:

Fűtési hőfoklépcső	Fűtési teljesítmény	Villamos teljesítmény	Fűtési tényező
29,5/35 °C	40 kW	7,4 kW	5,4
44,5/50 °C	39,3 kW	10,1 kW	3,9
54,4/60 °C	40 kW	12,4 kW	3,2

⁵ Id. www.geowatt.hu

HMV teljesítmény (*desuperheaterrel*): a HW típusnál 5 kW, a HDW típusnál 40 kW.

A HMV igény kielégítéséről a két hőszivattyú együttesen gondoskodik: a HW típusú folyamatos üzemben, a HDW típusú előnykapcsolásban termel. Az 500 literes tárolót együttesen 30 perc alatt képesek feltölteni 50 °C-os vízzel.

A HMV tárolóra belső hőcserélőn keresztül napkollektor is ráfűt, ami tovább csökkenti a hőszivattyúk HMV termelő üzemidejét.

A hőmérsékletszabályozással ellátott HMV keringést lekorlátozták az alapvezetésekre és éjszakára leállítják, ezzel is csökkentve az energiafelhasználást.

Szabályozás

A hőszivattyúba épített *Carel* szabályzó ellátja a hőközpont teljes szabályozási feladatát a külső léghőmérséklet, a fűtési puffer tartály hőmérséklete és a HMV tartály beállított hőmérséklete alapján:

- indítja, illetve megállítja a hőszivattyúkat a puffertartály automatikusan – a külső hőmérséklet függvényében – beállított hőmérséklete alapján;
- állítható előnykapcsolással indítja a 3 db keringető szivattyút (elpárologtató víz oldali), illetve állítható késleltetéssel megállítja a hőszivattyú kompresszorának leállása után;
- a kondenzátor oldali szivattyúk és HMV szivattyúk a hőszivattyúba beépítésre kerültek, ezek indítását és megállítását szintén kezeli a hőszivattyú szabályzója.

Védelem

A hőszivattyúk mind az elpárologtató, mind pedig kondenzátor oldalon többszörös nyomás és hőmérséklet védelemmel rendelkeznek:

- az állítható manuális és elektromos presszosztátok megakadályozzák, hogy a vízdali keringés megszűnése (havária) esetén a hőszivattyú elpárologtatója szétfagyjon (amikor 0 °C-ra csökken az elpárologtató oldali hőmérséklet a hőszivattyú alacsony nyomású oldali hibajelzéssel letilt);
- a vízkörben ezen kívül reed relés áramlásérzékelő is van, amely áramlás kimaradás esetén azonnal letilt;
- a fenti két védelem biztonsággal megakadályozza az elpárologtató szétfagyását áramlási kimaradás esetén;
- a rendszerben van egy külső leválasztó hőcserélő az elpárologtató előtt, e hőcserélő primer oldalán keringető vízszivattyú biztosítja az előírt tömegáramot a hőcserélő számára.

Amennyiben a vízszivattyú szállítása valamilyen oknál fogva kimarad, vagy lecsökken a tömegáram, a hőszivattyúba épített áramlásérzékelő ezt nem érzékeli csak akkor, ha már az elpárologtatóban megállt a keringés, ekkor a hőszivattyúnak is csak egy védelme maradna a beállított nyomásérzékelő, túl gyors és radikális nyomásesésnél nem biztos, hogy időben tudna reagálni, ami végzetes kimenetelű lehetne a hőszivattyú számára;

- a biztonság növelése érdekében a tápvíz körben is be van építve egy reed relés áramlásérzékelő, amelyet párhuzamosítottak a védelemmel, így áramlásra is biztosítva van a rendszer, és bőven van ideje a rendszernek a lekapcsolásra, nem csak a hőszivattyú elpárologtatóját, hanem a külső hőcserélőt is biztosítottak fagyás ellen.

A fogyasztás elemzése

Sajnos a rendszerbe nem építettek hőmennyiség mérőket és a villamosáram-fogyasztást külön, csak 2013. február 25-től mérik.

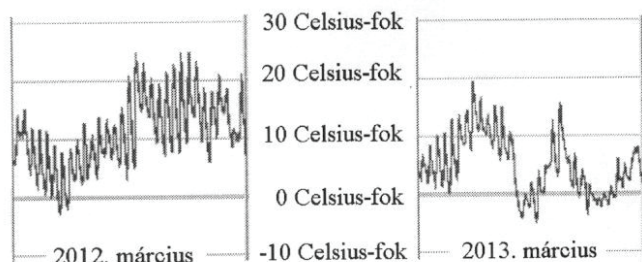
A beépített 2 db GBI33 hőszivattyú az ivóvíz hőfokszintjén 12 °C-on 80 kW fűtési teljesítményt biztosít. Hangsúlyozzuk, hogy ezek a beépített hőszivattyúk itt radiátoros fűtési rendszert üzemeltetnek és magas hőmérsékletű, 60 °C-os HMV-t állítanak elő.

Tényleges, mért, összehasonlító adatunk 2012. év márciusi és 2013. év márciusi hónapra van:

	földgáz MJ	vill. energia költség kWh	költség ezer Ft	primer energia MJ	primer-energia-tartalom
2012. március	73 926		302,014	73 926	1
2013. március		6941	195,329	62 469	2,5
Megtakarítás			106,685	11 457	
			35,32%	15,50%	

Tehát márciusi hónapban 106 685 Ft megtakarítás keletkezett, amely összeg kerekítve 35%-ot jelentene akkor, ha nem vennék figyelembe a két év márciusának átlagos léghőmérsékleti adatait (4. ábra).

Az adatok összehasonlításából az látszik, hogy a két év márciusának első felében közel azonosan alakult az átlag léghőmérséklet 8–10 °C körül. A hónap második felében azonban 2012-ben az átlag léghőmérséklet 15 °C körül, a fűtési határhőmérséklet felett, 2013-ban 5 °C körül alakult. A várható megtakarítás ezért hosszabb távon a mértnél lényegesen nagyobb lehet.



4. ábra. Hőmérsékleti diagramok (Forrás: Országos Meteorológiai Szolgálat)

A hőszivattyús rendszer által elért megtakarítást a korábbi, gáz-kazános fűtéssel összehasonlítva számíthatjuk:

primer energiában

$$\Delta E_{pr} = \frac{e_{ta}}{t_b - t_{k0}} Q_0 \int_{\tau} \frac{1}{\eta_k} (t_b - t_k) d\tau - \frac{e_{vill}}{t_b - t_{k0}} Q_0 \int_{\tau} \frac{1}{\varepsilon} (t_b - t_k) d\tau$$

és éves költségben:

$$\Delta K = \frac{3,6a_{ta}}{t_b - t_{k0}} Q_0 \int_{\tau} \frac{1}{\eta_k} (t_b - t_k) d\tau - \frac{a_{vill}}{t_b - t_{k0}} Q_0 \int_{\tau} \frac{1}{\varepsilon} (t_b - t_k) d\tau$$

ahol Q_0 a hőszükséglet, t_b a belső, t_k a külső és t_{k0} a méretezési külső hőmérséklet, η_k a kazánhatásfok és ε a hőszivattyú fűtési tényezője. A primer energiára történő átszámítást az e_{ta} tüzelőanyag-ára, illetve az e_{vill} villamos energiára vonatkozó primerenergia-tartalommal vettük figyelembe. a_{ta} és a_{vill} a tüzelőanyag, illetve a villamos energia egységára. Ha a képletekben az időt óra mértékegységben helyettesítjük, a primerenergia-megtakarítást kWh-ban kapjuk. A költségmegtakarításnál figyelembe vettük, hogy a villamos energia ára Ft/kWh-ban, a földgázé Ft/MJ-ban van megadva.

A referenciának tekintett kazános fűtésnél az irodalomból vett hőhíddal és átlagos kazánhatásfokkal számolunk. 22 °C belső hőmérséklet mellett:

$$H = \int_{\tau} (t_b - t_k) d\tau = 80951 \text{ h}_\text{fok}$$

90%-os (referencia) kazánhatásfok, -13 °C külső méretezési hőmérséklet és 80 kW hőszükséglet mellett a kazános rendszer éves hőfogyasztása 737,4 GJ-ra adódik.

A hőszivattyúnál figyelembe vettük a fűtési tényezőnek az előremenő hőmérséklettől való függését, az előremenő hőmérsékletet pedig -13 – +12 °C külső hőmérséklethez tartozóan 60 – 35 °C között lineárisnak vettük fel. Ezzel az integrál ugyanolyan hőmérsékleteloszlás mellett:

$$\int_{\tau} \frac{t_b - t_k}{\varepsilon} d\tau = 18236 \text{ h}_\text{fok}$$

A hőszivattyú éves villamosenergia-fogyasztása 41683 kWh-ra adódik.

A becsült éves megtakarítások:

	földgáz MJ	vill. energia kWh	költség ezer Ft	primer energia MJ
Földgáz tüzelés	737 378		3 012	737 378
Hőszivattyús rendszer		41 683	1 173	375 145
Megtakarítás			1 839	362 234
			61,06%	49,12%

Az ismertetett rendszerrel, átlagos hőmérsékleti körülmények között az elérhető megtakarítás primer energiában 49,1%, jelenlegi költségekben pedig 61% is lehet.

A Zalaegerszegi beruházás költsége 10 944 633 Ft volt. Ezzel az egyszerű megtérülési idő **5,95 év**.

A számítás csak fűtési rendszerre érvényes. A *desuperheateres* megoldással a HMV termelésben is elérhető az $\varepsilon = 4,8$ értékű fűtési tényező, így a megtakarítás arányát és a gazdaságosságot a HMV termelés nem rontja le.